

# PENDEKATAN PENILAIAN UNTUK ANALISA CERUN TANAH

MOHD HAZREEK BIN ZAINAL ABIDIN

Laporan projek ini dikemukakan sebagai  
memenuhi sebahagian daripada syarat penganugerahan  
ijazah Sarjana Kejuruteraan (Awam – Geoteknik)

Fakulti Kejuruteraan Awam  
Universiti Teknologi Malaysia

MEI 2006

## **PENGHARGAAN**

Saya ingin mengambil kesempatan di sini untuk melahirkan rasa kesyukuran dan terima kasih yang tak terhingga kepada Ilahi kerana dengan izinNya saya telah berjaya menyiapkan kajian ini walaupun pada peringkat awalnya terdapat berbagai-bagai rintangan, dugaan serta cabaran yang secara tak langsung mengajar saya erti kesabaran dan mendorong saya untuk bekerja dengan lebih keras lagi.

Penghargaan terima kasih yang tidak terhingga juga di tujukan kepada kedua-dua penyelia saya dari Universiti Teknologi Malaysia iaitu Encik Azman Bin Kassim (penyelia utama) dan Encik Mohd For Bin Mohd Amin (penyelia bersama). Segala tunjuk ajar, bimbingan, nasihat, semangat, komitmen, kesabaran, pengorbanan dan juga tanggungjawab yang di berikan oleh mereka sememangnya sesuatu yang amat bernilai dan tidak terbayar oleh saya dalam menyiapkan kajian (Projek Sarjana – MAB 0024) ini dari peringkat awal hingga ke akhir.

Jutaan terima kasih juga di tujukan kepada majikan saya, Kolej Universiti Teknologi Tun Hussien Onn (KUiTTHO) kerana telah memberikan saya cuti belajar dan sokongan kewangan biasiswa untuk membolehkan proses pengajian saya berjalan dengan lebih lancar.

Akhir sekali, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada keluarga saya dan semua rakan-rakan yang terlibat secara langsung atau pun tidak di atas segala bantuan dan sokongan berterusan mereka sehingga saya berjaya menyiapkan kajian ini. Tanpa mereka semua, sudah tentunya kajian saya ini tidak akan sampai ke peringkat hari ini. Terima kasih.

## ABSTRAK

Teori Mekanik Tanah telah mempraktikkan kaedah menganalisa cerun dengan menggunakan nilai-nilai seperti  $c'$  and ' $\phi$ '. Namun bagi sesetengah kes, keputusan yang diperolehi masih lagi tidak berapa tepat. Pada kebanyakan kes, para jurutera awam telah merekabentuk cerun sehingga nilai Faktor Keselamatan 1.5 atau lebih tetapi masih lagi terdapat cerun yang gagal. Keadaan ini membuktikan bahawa parameter rekabentuk yang sedia ada masih tidak mencukupi dalam analisa. Maka dalam kajian ini, Kaedah Mekanik Tanah telah digunakan untuk membandingkan keputusan analisisnya dengan Kaedah Kejuruteraan Geologi. Kajian ini dijalankan untuk menyiasat parameter lain yang berkaitan yang perlu dipertimbangkan dalam merekabentuk sesuatu cerun. Data-data yang diperlukan telah diperolehi dari tapak (Gunung Pulai) dan makmal seterusnya digunakan dalam kedua-dua kaedah analisa. Keputusan yang diperolehi daripada kedua-dua analisa menunjukkan beberapa perbezaan dari segi kestabilan. Pengaruh kekar relik yang tidak diambil kira dalam analisa kaedah Mekanik Tanah telah dikenal pasti sebagai salah satu faktor utama yang menyebabkan keputusan yang dihasilkan melalui kaedah ini menjadi kurang tepat. Pengaruh kekar relik ini sebaliknya merupakan suatu elemen utama dalam analisa Kejuruteraan Geologi justeru menghasilkan keputusan yang dikehendaki berbanding Kaedah Mekanik Tanah. Setiap kaedah mengambil kira parameter yang berbeza untuk dianalisa justeru mencadangkan faktor-faktor yang berlainan dalam mempengaruhi kestabilan sesuatu cerun. Maka, adalah lebih baik jika analisa kestabilan cerun dilakukan melalui kedua-dua kaedah (Mekanik Tanah dan Kejuruteraan Geologi) bagi cerun yang mempunyai kekar relik. Ini disebabkan kerana kedua-dua kaedah ini akan mengambil pendekatan yang berbeza dalam analisa yang diperlukan bagi sesuatu cerun yang mempunyai kekar relik justeru dapat menghasilkan keputusan yang lebih tepat.

## ABSTRACT

Soil Mechanics Theory establishes the current practice of designing a slope by founding the analysis on the 'c' and ' $\phi$ ' values. However, the theory still yields an anomalous result. Although in many real cases the engineer has designed slopes by using factor of safety greater than 1.5, but the slope failed. These facts prove the designed parameters are still inadequate to prevent slope failure. In this study, The Soil Mechanics Approach (e.g. Conventional Approach) will be compared to The Engineering Geology Approach for analyzing slope stability. The study is carried out for investigating other relevant parameters should be considered in designing a slope. All the required data that was used in both analyses was obtain from site (Gunung Pulai) and laboratory works. The results from both analyses shown that there was a difference in term of stability. The influence of relict joint that has been excluded in Soil Mechanics Approach has been detected as the main factor that cause the result that has been obtain inaccurate. The influence of relict joint is one of the main factors in the analysis of Engineering Geology Approach which gain a better result compared to the Soil Mechanics Approach. Each approaches takes into account different parameters in the analysis that suggest different influence factors affecting slope stability. For this reason, it is better to use both approaches (Soil Mechanics and Engineering Geology) in slope analysis containing relict joint.

## ISI KANDUNGAN

<b>BAB</b>	<b>TAJUK</b>	<b>MUKA SURAT</b>
	<b>PENGAKUAN</b>	ii
	<b>PENGHARGAAN</b>	iii
	<b>ABSTRAK</b>	iv
	<b>ABSTRACT</b>	v
	<b>ISI KANDUNGAN</b>	vi
	<b>SENARAI JADUAL</b>	xi
	<b>SENARAI RAJAH</b>	xiii
	<b>SENARAI SIMBOL</b>	xviii
 <b>1</b>	 <b>Pengenalan</b>	
1.1	Latar Belakang Kajian	1
1.2	Kenyataan Masalah	3
1.3	Objektif dan Skop Kajian	4

## 2 KAJIAN LITERATUR

2.1	Pengenalan	6
2.2	Tanah dan Batuan – Terma Asas dan Punca	8
2.3	Luluhawa Batuan	12
2.3.1	Proses Luluhawa	14
2.3.1.1	Iklm dan Proses Luluhawa	16
2.3.1.2	Topogragi dan Luluhawa	18
2.3.1.3	Luluhawa dan Fabrik	20
2.3.1.4	Luluhawa dan Komposisi Mineral	24
2.3.2	Corak Luluhawa	26
2.3.3	Hasil Luluhawa	29
2.3.4	Pengkelasan Batuan Terluluhawa untuk Tujuan Kejuruteraan	32
2.3.5	Profil Luluhawa	36
2.3.5.1	Lapisan Zon 6	38
2.3.5.2	Lapisan Zon 5	40
2.3.5.3	Lapisan Zon 4	40
2.3.5.4	Lapisan Zon 3	41
2.3.5.5	Lapisan Zon 2	41
2.3.5.6	Lapisan Zon 1	42
2.4	Struktur Relik dan Sifat – sifatnya	43
2.5	Jenis-jenis Kegagalan Cerun	45
2.5.1	Pengelasan Pergerakan Jisim	46
2.5.2	Faktor-faktor yang Menyebabkan Pergerakan Cerun	50
2.5.2.1	Geologi	52
2.5.2.2	Iklm	53
2.5.2.3	Air	53
2.5.2.4	Tumbuh-tumbuhan	54
2.5.2.5	Getaran	54
2.5.2.6	Masa	55
2.5.2.7	Sebab - sebab Lain	55
2.6	Analisa Kestabilan Cerun	56

2.6.1	Sejarah Perkembangan	58
2.6.2	Jenis - jenis Analisa Kestabilan Cerun	59
2.7	Teori Keseimbangan Had Dalam Analisa Kestabilan Cerun	60
2.7.1	Kaedah Hirisan	65
2.8	Teori Unsur Terhingga Dalam Analisa Kestabilan Cerun	76
2.8.1	Kaedah Had Penambahan	78
2.8.2	Kaedah Terus	82
2.8.3	Maklumat yang Diperlukan Dalam Analisa Unsur Terhingga	83
2.8.4	Penggunaan Pekej Perisian <i>FE</i>	85

### 3 METODOLOGI

3.1	Pengenalan	90
3.2	Lokasi Kajian	92
3.3	Kaedah Kejuruteraan Gelogi	95
3.3.1	Profil Luluhawa	95
3.3.2	Prosedur untuk Mendapatkan Profil Luluhawa Granit (ISRM, 1981)	96
3.3.2.1	Radas	96
3.3.2.2	Prosedur	99
3.3.3	<i>Stereonet</i>	101
3.3.3.1	Prosedur Plotan Satah dan Kutub Stereografi Pada <i>Stereonet</i>	103
3.3.3.2	Mod Kegagalan Cerun yang Biasa Terdapat Pada Cerun Batuan	105
3.4	Kaedah Mekanik Tanah	123
3.4.1	Perisian <i>Slope/W</i> Secara Umum	123
3.4.1.1	Teori	128

3.4.1.1.1	Pengenalan	128
3.4.1.1.2	Definisi Pembolehubah	129
3.4.1.1.3	Kaedah Keseimbangan	
	Had Umum	135
3.4.1.1.4	Faktor Keselamatan	
	Keseimbangan Momen	137
3.4.1.1.5	Faktor Keselamatan	
	Keseimbangan Daya	137
3.4.2	Kajian Parametrik	138
3.4.2.1	Perubahan Sifat-sifat Tanah	140
3.4.2.2	Perubahan Geometri Cerun	141
3.4.2.2.1	Perubahan Terhadap	
	Ketinggian Cerun	141
3.4.2.2.2	Perubahan Terhadap	
	Sudut Cerun	141
3.4.2.2.3	Perubahan Terhadap	
	Lapisan Cerun	142
3.4.2.3	Retakan Tegangan	144
3.4.3	Faktor Keselamatan	145
3.5	Makmal dan Data Lapangan	146

## 4 KAJIAN KES

4.1	Pengenalan	148
4.2	Makmal	149
4.3	Kaedah Kejuruteraan Geologi	150
4.3.1	Profil Luluhawa	150
4.3.2	<i>Stereonet</i>	154
4.4	Kaedah Mekanik Tanah – Perisian <i>Slope/W</i>	157
4.5	Perbincangan dan Keputusan	171



**5 KESIMPULAN DAN CADANGAN**

5.1	Pengenalan	174
5.2	Kesimpulan	175
5.3	Cadangan Masa Hadapan	176

<b>RUJUKAN</b>	178
----------------	-----

## SENARAI JADUAL

NOMBOR JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Proses-proses luluhawa batuan (Menurut F. C. Beavis, 1985)	16
2.2	Kestabilan mineral-mineral silika pembentuk batuan terhadap penyepaian	26
2.3	Jujukan unggul gred luluhawa	27
2.4	Corak luluhawa yang dicerap menerusi teras gerak	28
2.5	Hasil luluhawa mineral-mineral silika (Menurut Loughnan)	30
2.6	Komposisi mineral batuan pelit yang terluluhawa lengkap	31
2.7	Pengelasan batuan habluran terluluhawa (Menurut Irfan dan Dearman)	35
2.8	Pengelasan kegagalan cerun (Menurut: Hunt, 1984)	49
2.9	Varnes (1978) Sistem pengelasan (Sumber: Fell, 1994)	50
2.10	Contoh faktor berterusan yang menyumbang kepada pergerakan cerun (Menurut Edmund Krauter, 2002)	51
2.11	Contoh kepada faktor bersiri yang menyebabkan pergerakan cerun (Berdasarkan kepada Reuter et. al.)	51
2.12	Keperluan asas penyelesaian yang memuaskan beberapa kaedah analisa cerun (Sumber: Potts & Zdravković, 1999)	57
2.13	Senarai kaedah hirisan yang biasanya digunakan: andaian yang mempertimbangkan daya antara hirisan bagi kaedah hirisan yang berbeza (Sumber: Day, 2000)	69

2.14	Ciri-ciri kaedah keseimbangan dari analisa kaedah kestabilan cerun (Sumber: Duncan dan Wright, 1980)	70
3.1	Rumusan Rajah 3.32	123
3.2	Rumusan kuantiti yang diketahui dalam penyelesaian untuk faktor keselamatan	134
3.3	Rumusan dari kuantiti yang tidak diketahui dalam penyelesaian faktor keselamatan	134
3.4	Kaedah kestabilan cerun yang digunakan dalam kajian	139
3.5	Perubahan sifat-sifat tanah dalam kajian	140
3.6	Lapisan tanah dalam cerun	142
3.7	Panduan am nilai Faktor Keselamatan	146
3.8	Klassifikasi kekuatan batuan dan tanah (Menurut ISRM, 1981b)	147
4.1	Data tinjauan kekar	154
4.2	Keputusan plotan stereonet	154
4.3	Keputusan kestabilan cerun melalui stereonet	155
4.4	Keputusan kaedah Biasa dengan retakan tegangan bagi cerun $60^\circ$	157
4.5	Keputusan kaedah Biasa dengan retakan tegangan bagi cerun $45^\circ$	157
4.6	Keputusan kaedah Biasa tanpa retakan tegangan bagi cerun $60^\circ$	157
4.7	Keputusan kaedah Biasa tanpa retakan tegangan bagi cerun $45^\circ$	158
4.8	Keputusan kaedah Bishop dengan retakan tegangan bagi cerun $60^\circ$	158
4.9	Keputusan kaedah Bishop dengan retakan tegangan bagi cerun $45^\circ$	158
4.10	Keputusan kaedah Bishop tanpa retakan tegangan bagi cerun $60^\circ$	158
4.11	Keputusan kaedah Bishop tanpa retakan tegangan bagi cerun $45^\circ$	159
4.12	Keputusan kaedah Janbu dengan retakan tegangan bagi cerun $60^\circ$	159
4.13	Keputusan kaedah Janbu dengan retakan tegangan bagi cerun $45^\circ$	159

4.14	Keputusan kaedah Janbu tanpa retakan tegangan bagi cerun $60^\circ$	159
4.15	Keputusan kaedah Janbu tanpa retakan tegangan bagi cerun $45^\circ$	160
4.16	Keputusan kaedah Morgernstern dan Price dengan retakan tegangan bagi cerun $60^\circ$	160
4.17	Keputusan kaedah Morgernstern dan Price dengan retakan tegangan bagi cerun $45^\circ$	160
4.18	Keputusan kaedah Morgernstern dan Price tanpa retakan tegangan bagi cerun $60^\circ$	160
4.19	Keputusan kaedah Morgernstern dan Price tanpa retakan tegangan bagi cerun $45^\circ$	161

## SENARAI RAJAH

NOMBOR RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Proses pembentukan batuan igneus	10
2.2	Pembentukan batuan mendapan (sedimen (a) dan (b))	11
2.3	Pembentukan batuan metamorfik	12
2.4	Penyepaian bungkah disebabkan tindakan luluhawa di sepanjang satah kekar dan pelapisan pada batu lodak, Coff Harbour, New South Wales, Australia	15
2.5	Pengelupasan lembaran pada granit, Manoobi, New South Wales, Australia	15
2.6	Perkaitan yang ditaakulkan di antara iklim dengan jenis luluhawa (Menurut Fookes et. al., 1971)	18
2.7	(a) Corak umum luluhawa jasad granit, Kiewa, Australia (b) Corak luluhawa terperinci di Rocky Valley (c) Corak luluhawa pada cenuram mengundur (d) Corak luluhawa pada bukit rendah (Menurut Ruxton dan Berry, 1957)	19
2.8	Hipotesis pembentukan terain pada jasad granit akibat luluhawa dan hakisan (Menurut Fookes et. al, 1971)	21
2.9	Luluhawa pada sesar, Empangan Wyangala, Australia (Menurut Thomson, 1971) (b) Luluhawa pada jasad granit yang tersesar, 1, Stesen Kuasa Bawah Tanah, Australia	21
2.10	Pemeliharaan mikrofabrik pada gneis biotit silimanit yang terluluhawa lengkap, Crancky Charlie, Victoria, Australia	23
2.11	Mikrograf pengimbasan elektron yang menunjukkan larutan hablur kalsit pada syal terluluhawa (x1500), Fowlers Gap, New South Wales, Australia	23
2.12	Luluhawa gegua pada batu pasir, Wollombi, New South Wales, Australia	24
2.13	Corak luluhawa pada permukaan batuan yang terdedah (a) dan (b)	28
2.14	Gred II	33

2.15	Gred III	34
2.16	Gred IV	34
2.17	Profil luluhawa bahan sub-permukaan (Selepas Martin dan Hencher, 1986)	37
2.18	Perubahan kekuatan, ketelapan dan kebolehubahan bentuk batuan terluluhawa (Selepas Dearman, 1974)	38
2.19	Kedudukan struktur relik	44
2.20	(a) Kegagalan peralihan (b) Kegagalan kedudukan dalam (c) Kegagalan baji mudah (d) Kegagalan baji berganda Jenis jenis kegagalan cerun (a,b,c,d) (Menurut Sarsby, 2000)	48
2.21	Hubungan antara frekuensi relatif pada tanah runtuh, litologi dan kecondongan cerun tanpa mempertimbangkan cerun pada satah perlapisan (Carrara et. al.)	52
2.22	Cerun, hirisan dan <i>general unknowns</i> pada kaedah keseimbangan had (Sumber: Loufa & Darve, 2002)	62
2.23	Analisa tegasan efektif konvensional yang digunakan pada kes kritikal <i>CD</i> kepada masalah tidak berbeban (Sumber: Ladd, 1991)	64
2.24	Daya yang bertindak ke atas hirisan: Analisa Fellinius (Sumber: Sarsby, 2000)	71
2.25	Daya yang bertindak ke atas hirisan: Analisa Permudahan Bishop (Sumber: Sarsby, 2000)	71
2.26	Faktor pembetulan Janbu untuk permukaan kegagalan bukan bulatan (Sumber: Sarsby, 2000)	72
2.27	Elemen tipikal dalam kaedah Morgenstern dan Price (Sumber: Bromhead, 1992)	75
2.28	Pendekatan unsur terhingga yang dicadangkan dalam pengiraan faktor keselamatan dalam analisa kestabilan cerun (Sumber: Fredlund & Scoular, 1999)	77
3.1	Lokasi kajian	91
3.2	Gambaran umum metodologi kajian	93
3.3	Gambaran spesifik kajian metodologi	94
3.4	Tukul Schmidt	98
3.5	Tukul Geologi	98
3.6	Kompas Brunton	98
3.7	Pita ukur	99
3.8	<i>Stereonet</i>	103
3.9	Jaringan luas sama Lambert atau <i>Stereonet</i>	104

3.10	Kegagalan satah	111
3.11	Geometri cerun yang mengalami kegagalan satah: (a, b dan c)	111
3.12	Kegagalan baji	112
3.13	Kegagalan baji yang berlaku di Trondheim, Norway	113
3.14	Kegagalan baji	113
3.15	Syarat geometri kegagalan baji	114
3.16	Data yang diperlukan <i>Stereonet</i> untuk menganalisa kestabilan baji	114
3.17	Bentuk permukaan gelongsoran bulatan tipikal (a dan b)	115
3.18	Kegagalan bulatan pada batuan granit terluluhawa tinggi (Lebihraya 1, berdekatan gelongsoran Devil, Pacifica, Carlifornia)	116
3.19	Carta kegagalan bulatan 1 – Cerun bersalir penuh	116
3.20	Carta kegagalan bulatan 2 – Syarat aras air bumi 2	117
3.21	Carta kegagalan bulatan 3 – Syarat aras air bumi 3	117
3.22	Carta kegagalan bulatan 4 – Syarat aras air bumi 4	118
3.23	Carta kegagalan bulatan 5 – Cerun tepu penuh	118
3.24	Mekanisma runtuh yang dicadangkan di utara muka pada gelongsoran Vaiont (Muller, 1968)	119
3.25	Model yang dihasilkan melalui komputer terhadap kegagalan runtuh; blok padu dipasang pada suatu ruang di mana blok bukaan adalah bebas untuk bergerak (Cundall, 1971)	119
3.26	Jenis-jenis kegagalan runtuh biasa	119
3.27	Mod-mod runtuh sekunder	120
3.28	Mekanisma runtuh	120
3.29	Kegagalan runtuh	121
3.30	Jenis-jenis kegagalan cerun yang mempunyai perkaitan dengan <i>Stereonet</i> (Menurut Wyllie dan Mah, 1981)	122
3.31	Permukaan gelincir bulatan	126
3.32	Permukaan gelincir gabungan	126
3.33	Permukaan gelincir spesifik blok	127
3.34	Permukaan gelincir spesifik penuh	127
3.35	Daya yang bertindak ke atas hirisan melalui jisim gelongsoran dengan permukaan gelincir bulatan	131

3.36	Daya yang bertindak ke atas jisim gelongsoran dengan permukaan gelincir gabungan	132
3.37	Daya yang bertindak ke atas jisim gelongsoran yang ditakrifkan oleh permukaan gelincir spesifik secara penuh	133
3.38	Faktor Keselamatan lawan Lambda	136
3.39	Kajian Parametrik	139
3.40	Keratan rentas cerun kajian	140
3.41	Rajah bagi setiap kes	143
3.42	Retakan tegangan	144
4.1	Kajian kes	149
4.2	Kawasan kajian berserta kekar relik	152
4.3	Koluvium	153
4.4	Serpihan batuan yang banyak terdapat di kawasan kajian	153
4.5	Cerun cadangan	155
4.6	Plotan <i>Stereonet</i>	156
4.7	FK Lwn Tinggi bagi Kaedah Biasa dengan retakan tegangan bagi cerun $60^\circ$	161
4.8	FK Lwn Tinggi bagi Kaedah Biasa dengan retakan tegangan bagi cerun $45^\circ$	162
4.9	FK Lwn Tinggi bagi Kaedah Biasa tanpa retakan tegangan bagi cerun $60^\circ$	162
4.10	FK Lwn Tinggi bagi Kaedah Biasa tanpa retakan tegangan bagi cerun $45^\circ$	163
4.11	FK Lwn Tinggi bagi Kaedah Bishop dengan retakan tegangan bagi cerun $60^\circ$	163
4.12	FK Lwn Tinggi bagi Kaedah Bishop dengan retakan tegangan bagi cerun $45^\circ$	164
4.13	FK Lwn Tinggi bagi Kaedah Bishop tanpa retakan tegangan bagi cerun $60^\circ$	164
4.14	FK Lwn Tinggi bagi Kaedah Bishop tanpa retakan tegangan bagi cerun $45^\circ$	165
4.15	FK Lwn Tinggi bagi Kaedah Janbu dengan retakan tegangan bagi cerun $60^\circ$	165
4.16	FK Lwn Tinggi bagi Kaedah Janbu dengan retakan tegangan bagi cerun $45^\circ$	166
4.17	FK Lwn Tinggi bagi Kaedah Janbu tanpa retakan tegangan bagi cerun $60^\circ$	166



4.18	FK Lwn Tinggi bagi Kaedah Janbu tanpa retakan tegangan bagi cerun $45^{\circ}$	167
4.19	FK Lwn Tinggi bagi Kaedah M-P (Momen) dengan retakan tegangan bagi cerun $60^{\circ}$	167
4.20	FK Lwn Tinggi bagi Kaedah M-P (Daya) dengan retakan tegangan bagi cerun $60^{\circ}$	168
4.21	FK Lwn Tinggi bagi Kaedah M-P (Momen) dengan retakan tegangan bagi cerun $45^{\circ}$	168
4.22	FK Lwn Tinggi bagi Kaedah M-P (Daya) dengan retakan tegangan bagi cerun $45^{\circ}$	169
4.23	FK Lwn Tinggi bagi Kaedah M-P (Momen) tanpa retakan tegangan bagi cerun $60^{\circ}$	169
4.24	FK Lwn Tinggi bagi Kaedah M-P (Daya) tanpa retakan tegangan bagi cerun $60^{\circ}$	170
4.25	FK Lwn Tinggi bagi Kaedah M-P (Momen) tanpa retakan tegangan bagi cerun $45^{\circ}$	170
4.26	FK Lwn Tinggi bagi Kaedah M-P (Daya) tanpa retakan tegangan bagi cerun $45^{\circ}$	171

## SENARAI SIMBOL

$c$	-	Kejelekitan
$c'$	-	Kejelekitan berkesan
$c_u$	-	Parameter kekuatan ricih tak bersalir (tegasan jumlah)
FK, F	-	Faktor Keselamatan
H, h	-	Ketinggian
N	-	Daya normal
u	-	Tekanan air liang
W	-	Berat
$z_o$	-	Kedalaman retakan tegangan
$\alpha$	-	Arah kemiringan
$\gamma$	-	Berat unit
$\sigma'$	-	Tegasan normal berkesan
$\sigma_n$	-	Jumlah tegasan normal
$\sigma_1'$	-	Prinsip tegasan major berkesan
$\sigma_3'$	-	Prinsip tegasan minor berkesan
$\tau$	-	Tegasan ricih
$\phi_u$	-	Parameter kekuatan ricih tak bersalir (tegasan jumlah)
$\phi'$	-	Sudut geseran berkesan
$\phi$	-	Sudut geseran
$\psi$	-	Sudut kemiringan

## **BAB I**

### **PENGENALAN**

#### **1.1 Latar Belakang Kajian**

Masalah kegagalan cerun sememangnya sesuatu yang tidak dapat dielakkan sejak dari dulu hingga sekarang. Masalah ini biasanya akan menjadi lebih kerap apabila sesebuah negara itu beriklim panas dan lembap sepanjang tahun terutamanya iklim tropika seperti negara Malaysia dan kebanyakan negara-negara di Asia Tenggara. Di Malaysia, bahan binaan cerun iaitu tanah dan batuan menerima purata suhu harian pada lingkungan 21°C hingga 34°C serta purata hujan tahunan sebanyak lebih 2500mm. Faktor-faktor seperti ini telah menyebabkan bahan-bahan binaan cerun seperti tanah dan batuan akan mengalami proses peluluhawaan yang akhirnya akan menyebabkan kegagalan cerun. Profil luluhawa yang terjadi pada cerun batuan pada suatu jangka masa yang lama akan mengubah ciri-ciri kekuatan cerun tersebut justeru menyumbang kepada kegagalan cerun.

Tanah dan batuan terluluhawa telah dikenalpasti sebagai salah satu daripada faktor utama yang telah menyebabkan kebanyakan bencana alam terutamanya kegagalan cerun. Masalah ini akan menjadi lebih buruk lagi apabila tiba musim hujan lebat contohnya seperti yang berlaku di Rheinhessen, SW Jerman dimana

selepas hujan lebat, lebih tekanan air liang akan berlaku dalam lapisan pasir yang terletak antara butiran tanah yang akhirnya akan mendorong lapisan tanah atas supaya menggelongsor (Krauter, 2002). Di Malaysia, hujan lebat adalah dibawa oleh angin monsun seperti Monsun Barat Daya (Mei hingga September) dan Monsun Timur Laut (November hingga Mac). Bahan binaan batuan granit terluluhawa merupakan bahan yang biasa digunakan dalam pembinaan cerun. Bahan ini biasanya digunakan untuk memenuhi permintaan yang tinggi dalam proses penambakkan cerun memandangkan ianya senang diperolehi di kebanyakan tempat.

Pada hari ini, kebanyakan kaedah analisa dan rekabentuk cerun telah dilakukan melalui Kaedah Konvensional Mekanik Tanah, namun masih lagi terdapat ketidakpastian terhadap kaedah analisa tersebut. Pada pengalaman yang lalu, masih terdapat banyak kejadian tanah runtuh yang sepatutnya tidak sepatutnya berlaku memandangkan cerun tersebut telah direkabentuk pada faktor keselamatan 1.0 atau lebih.

Jika dibandingkan analisa Kaedah Konvensional Mekanik Tanah dengan Kaedah Kejuruteraan Geologi, ianya terdapat beberapa perbezaan. Sebagai contoh, Kaedah Konvensional Mekanik Tanah secara amnya mempertimbangkan parameter-parameter seperti kejelekitan,  $c$  dan sudut geseran,  $\phi$  untuk dianalisa dengan menggunakan kaedah-kaedah yang sedia ada seperti kaedah Biasa, Janbu, Bishop dan Morgenstern. Dalam Kaedah Kejuruteraan Geologi pula, faktor-faktor yang diambil kira ialah ketakselajaran dan parameter-parameter yang diambil kira dalam analisa dan rekabentuk cerun ialah seperti sudut kemiringan,  $\psi$  dan arah kemiringan,  $\alpha$  bagi digunakan melalui kaedah seperti *Stereonet*.

Oleh yang demikian, projek ini menumpukan kepada penyiasatan analisa cerun bagi bahan lemah terluluhawa melalui Kaedah Konvensional Mekanik Tanah dan Kaedah Kejuruteraan Geologi. Selain daripada itu, projek ini juga dapat menunjukkan sama ada Kaedah Konvensional Mekanik Tanah yang telah lama

digunakan dalam analisa cerun telah benar-benar merangkumi semua aspek untuk mengelakkan kejadian tanah runtuh berbanding Kaedah Kejuruteraan Geologi.

## **1.2 Kenyataan Masalah**

Pada pengalaman yang lepas, terdapat banyak kes melibatkan kegagalan cerun seperti kes besar yang dilaporkan di Gunung Pulai. Dalam kejadian di Gunung Pulai, kebanyakan gelongsoran tanah adalah melibatkan batuan terluluhawa dan bongkah batuan yang terdiri daripada batuan luluhawa gred V dan VI yang mengandungi bahan tanih dan kadang kala percampuran antara batuan, tanih dan tumbuhan. Hampir 85% kawasan kajian Gunung Pulai dikelaskan sebagai kawasan Kelas IV. Kelas ini menunjukkan kawasan Gunung Pulai mempunyai ciri-ciri ketidakstabilan, kategori bahaya dan tidak selamat dibangunkan melainkan mewujudkan sistem pemantauan, kawalan dan pengukuhan cerun yang benar-benar berkesan. Ribut Tropika Vamei (Taufan Vamei) yang melanda Johor Selatan sekitar 11.00 malam pada 27 Disember 2001 dikenali sebagai antara faktor-faktor utama yang menyebabkan kejadian gelongsoran. Penilaian dari aspek geologi dan geoteknik yang dibuat menunjukkan proses peluluhawaan intensif telah mewujudkan keadaan ketidakseimbangan secara semulajadi di kawasan Gunung Pulai dengan menukar bahan batuan kepada bahan tanih dan batuan terluluhawa tahap tinggi iaitu bahan Zon 6, 5 dan 4. Penukaran ini menghasilkan bahan yang lemah dengan profil zon-zon yang berbeza dari segi kekuatan dan ketelapan yang tidak lagi berkeupayaan kepada tahap ketidakstabilan yang lebih tinggi. Selain Zon 6, bahan Zon 5 dan 4 juga didapati terbabat sama dalam kejadian gelongsoran dikaitkan dengan umpilan pokok yang tumbang, perbezaan ketara dari segi ketelapan antara Zon 3 dan Zon 4 dan regim aliran airbumi. Kehadiran satah kelemahan seperti set kekar dan struktur relik turut menyumbang pada gelongsoran cerun di kawasan kejadian. Hampir 70% daripada cerun yang terbentuk selepas gelongsoran kedua-dua satah kelemahan ini. Kewujudan enapan koluvium yang tidak stabil dalam cerun turut juga melemahkan struktur cerun, terutama sekali apabila enapan ini terletak di atas Zon 3 atau 4.

Kejadian gelongsoran tanah dan batuan yang berlaku di Kampung Sri Gunung Pulau, Pontian, Johor Darul Takzim pada 27 Disember 2001 ini telah menyebabkan kehilangan nyawa, meranapkan harta benda dan memusnahkan persekitaran semulajadi serta infrastruktur yang terdapat di Hutan Lipur Gunung Pulau.

Kejadian kegagalan cerun ini masih terus berlaku walaupun para jurutera awam telah merekabentuk cerun terbabit sehingga melebihi nilai faktor keselamatan 1.0 atau lebih (Kaedah Konvensional Mekanik Tanah). Sepatutnya cerun yang direka adalah selamat jika nilai faktor keselamatan telah mencapai nilai tersebut. Ini menunjukkan analisa Kaedah Konvensional Mekanik Tanah masih mempunyai beberapa kelemahan dan masih perlu dikaji bagi memastikan sama ada kaedah ini benar-benar merangkumi segala aspek untuk mengelakkan kejadian kegagalan cerun.

Oleh yang demikian, data yang diperolehi di tapak dan makmal telah digunakan dalam kedua-dua kaedah analisa (Konvensional Mekanik Tanah dan Kejuruteraan Geologi) bagi membuat perbandingan serta membuktikan sama ada Kaedah Konvensional Mekanik Tanah masih ada kelemahan yang perlu diperbaiki. Kajian ini juga dijalankan bagi menyiasat parameter lain yang berkaitan yang perlu dipertimbangkan dalam analisa dan rekabentuk cerun.

### **1.3 Objektif dan Skop Kajian**

Objektif kajian ini ialah untuk membandingkan keputusan antara kedua-dua kaedah analisa (Mekanik Tanah dan Kejuruteraan Geologi) pada tanah yang mempunyai sifat-sifat relik.

Objektif untuk menjayakan kajian ini telah dibahagikan kepada empat:

- (1) Untuk menyiasat sifat-sifat struktur relik yang merupakan salah satu daripada berbagai-bagai jenis struktur geologi yang terdapat pada cerun.
- (2) Untuk menganalisa cerun tanah yang mengandungi struktur relik melalui Kaedah Konvensional Mekanik Tanah.
- (3) Untuk menganalisa cerun tanah yang mengandungi struktur relik melalui Kaedah Kejuruteraan Geologi.
- (4) Untuk mendapatkan perkaitan antara kedua-dua kaedah analisa yang digunakan bagi cerun tanah yang mengandungi struktur relik.

Secara keseluruhannya, kajian ini telah menjalankan kajian kes berkenaan formasi batuan yang bertempat di Gunung Pulai, Pontian Johor Darul Takzim. Secara terperinci, kajian ini merupakan kajian yang melibatkan tiga fasa kerja iaitu kerja-kerja lapangan, kerja-kerja makmal dan kerja analisa yang melibatkan penggunaan perisian *Slope/W* dan Kaedah *Stereonet*.